

#4



1807.1365

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
: Examiner: NYA
FELIX HENRY ET AL.)
: Group Art Unit: 2712
Application No.: 09/587,191)
:
Filed: June 2, 2000)
:
For: METHOD OF MODIFYING THE)
GEOMETRIC ORIENTATION :
OF AN IMAGE) August 18, 2000

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the
International Convention and all rights to which they are
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following French
Priority Application:

9907675 filed June 17, 1999

A certified copy of the priority document is
enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in

THIS PAGE BLANK (USPTO)

our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants

Registration No. 25,823

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 104684 v 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)



0 9/587.191

#4

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 12 MAI 2000

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

SIEGE

THIS PAGE BLANK (USPTO)


REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

DATE DE REMISE DES PIÈCES 17 JUIN 1999 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 9907675 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75 INPI PARIS DATE DE DÉPÔT 17 JUIN 1999		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE RINUY, SANTARELLI 14, avenue de la Grande Armée 75017 PARIS	
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> certificat d'utilité n° Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Titre de l'invention (200 caractères maximum) Procédé de modification d'orientation géométrique d'une image		n° du pouvoir permanent BIF022258/FR/EP références du correspondant 01 40 55 43 43 téléphone date	
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination CANON KABUSHIKI KAISHA Nationalité (s) JAPONAISE Adresse (s) complète (s) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, JAPON		code APE-NAF Forme juridique Société de droit Japonais Pays JAPON	
En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre <input type="checkbox"/>			
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission			
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande			
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date			
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire) Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI 	



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

BIF022258/FR/EP

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

5907675

TITRE DE L'INVENTION :

Procédé de modification d'orientation géométrique d'une image

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Société de droit Japonais CANON KABUSHIKI KAISHA

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

HENRY Félix

4, Square Albert Gorgiard,
35700 RENNES, France.

BERTHELOT Bertrand

1, square de Sofia,
35200 RENNES, France.

CHARRIER Maryline

39, square de la Rance,
35000 RENNES, France.

MAJANI Eric

7, rue Château-Renault,
35000 RENNES, FRANCE.

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

17 juin 1999

Bruno QUANTIN N°92.1206
RINUY, SANTARELLI

5

10 La présente invention concerne un procédé et un dispositif de modification d'orientation géométrique d'une image numérique.

Elle concerne plus particulièrement la transformation géométrique d'une image dans un appareil d'acquisition d'images, tel qu'un appareil photographique numérique ou une caméra numérique, qui peut prendre des
15 images dans différentes orientations, puis les stocker dans un fichier de données compressées avant leur visualisation.

Dans ce type d'appareils, des photographies ou des images peuvent être prises suivant plusieurs orientations différentes, en fonction de la position de l'appareil par rapport à l'objet à photographier.

20 On distingue généralement au moins une orientation dite "paysage", dans laquelle l'appareil est placé horizontalement, et une orientation dite "portrait", dans laquelle l'appareil est placé verticalement.

Généralement, les images prises ainsi dans différentes orientations sont stockées dans un fichier compressé dans une orientation unique, puis
25 visualisées ultérieurement sur un écran, intégré ou non à l'appareil. Il est alors nécessaire de modifier l'orientation de l'écran de visualisation en fonction de l'orientation des images, notamment par rotation de 90 degrés de l'appareil ou de l'écran de visualisation.

Le document US 5 900 909 décrit un appareil photographique
30 numérique qui permet d'améliorer le confort de visualisation des images prises dans différentes orientations.

Pour cela, il décrit un appareil équipé d'un détecteur automatique d'orientation de l'appareil lors de la prise de la photographie. En fonction de cette détection d'orientation, une rotation de l'image est effectuée dans l'appareil, avant le stockage de cette image numérique dans une mémoire de
 5 l'appareil et sa visualisation.

Chaque image peut ainsi être stockée dans l'appareil dans une orientation permettant une visualisation confortable de l'image.

Dans ce document, l'image est acquise par un capteur CCD (en anglais Charge Coupled Device), puis lue par un convertisseur
 10 analogique/numérique. Lorsque l'orientation de l'image doit être modifiée, le sens de lecture des lignes et des colonnes du signal en sortie du capteur CCD est modifié en fonction de l'orientation désirée et la valeur de la largeur et de la hauteur de l'image sont modifiées, c'est-à-dire en règle générale inversées

La présente invention propose un procédé et un dispositif de
 15 modification d'orientation géométrique d'une image numérique qui réalisent une modification rapide de l'orientation dans l'espace d'une image numérique qui doit être codée dans un fichier compressé.

A cet effet, la présente invention vise un procédé de modification d'orientation géométrique d'une image numérique dans un appareil d'acquisition
 20 d'images adapté à acquérir une image suivant une parmi plusieurs orientations différentes et à stocker ladite image sous forme de fichier compressé.

Conformément à l'invention, ce procédé comprend les étapes suivantes :

- acquisition d'une image suivant une orientation choisie ;
- 25 - identification de ladite orientation choisie ;
- conversion de ladite image en une image numérique ;
- transformation spectrale de ladite image numérique ;
- détermination d'une transformation géométrique à appliquer à ladite image acquise en fonction de l'orientation choisie ;
- 30 - application de la transformation géométrique déterminée sur des symboles associés à des coefficients spectraux issus de ladite transformation spectrale ;

- inscription dans le fichier compressé de deux indicateurs représentatifs d'un ordre normal ou inversé des symboles respectivement dans deux directions de l'image numérique ; et

- codage de l'image numérique dans ledit fichier compressé.

5 Ainsi, il est particulièrement avantageux de réaliser la manipulation et transformation géométrique de l'image numérique dans le domaine compressé de l'image, sur des symboles représentatifs de coefficients issus d'une transformation spectrale de l'image, afin de diminuer la complexité calculatoire de cette opération et d'être plus efficace en termes de consommation de
10 mémoire.

Cette transformation géométrique de l'image peut ainsi être réalisée lors du codage classique de l'image dans un fichier de données compressées, après transformation spectrale de l'image numérique, grâce à l'identification de l'orientation de l'image au moment de l'acquisition de celle-ci.

15 L'inscription de deux indicateurs dans le fichier compressé permet lors du décodage de l'image, notamment pour visualisation, de tenir compte de la modification de l'ordre des coefficients spectraux pour appliquer une transformation spectrale inverse au signal numérique.

20 De tels indicateurs peuvent être par exemple mis à jour par alternance des valeurs 0 et 1 représentatives respectivement d'un ordre normal ou inversé des symboles, et ce pour chaque direction de l'image numérique.

25 Selon une caractéristique préférée de l'invention, ce procédé de modification d'orientation géométrique comporte une étape de quantification des coefficients spectraux avant l'étape d'application de la transformation géométrique, lesdits symboles étant des symboles de quantifications.

Cette étape de quantification est couramment utilisée lors du codage avec pertes d'une image numérique.

30 Selon une autre caractéristique préférée de l'invention, la transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes.

On obtient ainsi un découpage de l'image en sous-bandes de signaux de fréquence, ce qui permet d'appliquer une transformation

géométrique à des zones de données de tailles plus petites que celle de l'image originale.

Cette caractéristique permet également d'obtenir un gain de temps lors de la transformation géométrique de l'image numérique.

- 5 Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, l'étape d'identification de l'orientation choisie est mise en œuvre par un détecteur automatique d'orientation incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images.

Cette détection automatique peut ainsi être réalisée en détectant la position de l'appareil lors de l'acquisition de l'image.

- 10 Alternativement, l'étape d'identification de l'orientation choisie est mise en œuvre par un sélecteur d'orientation manuel incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images.

Ce sélecteur permet à un utilisateur de définir la position de l'appareil avant la prise d'une photographie.

- 15 Dans les deux cas, que l'identification de l'orientation de l'image soit réalisée par un détecteur automatique incorporé à l'appareil ou par un sélecteur manuel, cette identification permet d'indiquer, avant codage de l'image, l'orientation de cette dernière afin de réaliser si nécessaire une transformation géométrique de celle-ci avant stockage dans un fichier de données
20 compressées.

En pratique, l'orientation d'acquisition d'image est choisie parmi une rotation de 90 degrés, une rotation de 180 degrés ou une rotation de 270 degrés.

- 25 Un appareil photographique peut ainsi être pivoté dans l'espace à partir de sa position normale d'utilisation sans inconvénient pour la prise des images, qui seront automatiquement stockées dans l'appareil dans une position confortable de visualisation.

- 30 Dans une mise en œuvre pratique de l'invention, lorsque la transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes, le procédé de modification de l'orientation géométrique comprend en outre une étape d'intervention d'une sous-bande de fréquence comportant des coefficients de basse fréquence

selon une première direction de l'image numérique et de haute fréquence selon une seconde direction de l'image numérique avec une sous-bande de fréquence de même niveau de résolution dans la décomposition spectrale, comportant des coefficients de haute fréquence dans ladite première direction et de basse fréquence dans ladite seconde direction lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

Cette interversion permet de prendre en compte les changements de direction des symboles lors des rotations de 90 ou 270 degrés d'une image par exemple, pour une application correcte du procédé de décodage du signal numérique.

Selon une autre caractéristique pratique de l'invention, le procédé de modification de l'orientation géométrique comprend en outre une étape d'intervention des valeurs de la hauteur et de la largeur de l'image lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

Corrélativement, la présente invention concerne également un dispositif de modification d'orientation géométrique d'une image numérique incorporé dans un appareil d'acquisition d'images adapté à acquérir une image suivant une parmi plusieurs orientations différentes et à stocker ladite image sous forme de fichier compressé, comportant :

- des moyens d'acquisition d'une image suivant une orientation choisie ;
- des moyens d'identification de ladite orientation choisie ;
- des moyens de conversion de ladite image en une image numérique ;
- des moyens de transformation spectrale de ladite image numérique ;
- des moyens de détermination d'une transformation géométrique à appliquer à ladite image acquise en fonction de l'orientation choisie ;
- des moyens d'application de la transformation géométrique déterminée sur des symboles associés à des coefficients spectraux issus de ladite transformation spectrale ;

- des moyens d'inscription dans le fichier compressé de deux indicateurs représentatifs d'un ordre normal ou inversé des symboles respectivement dans deux directions de l'image numérique ; et
- des moyens de codage de l'image numérique dans ledit fichier compressé.

Ce dispositif de modification d'orientation géométrique présente des caractéristiques et des avantages analogues à ceux décrits précédemment pour le procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'invention.

La présente invention concerne aussi un appareil d'acquisition d'image, un appareil photographique numérique et une caméra numérique adaptée à fonctionner dans un mode image fixe comportant un dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'invention.

Elle vise enfin un moyen de stockage ou de support d'information, lisible par un ordinateur ou un microprocesseur, incorporé ou non à ce dernier, éventuellement amovible, comprenant des portions de codes logiciels ou des instructions de programme adaptées à mettre en œuvre les étapes du procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'invention, lorsque ledit moyen de stockage ou de support d'information est mis en œuvre par un microprocesseur ou un ordinateur.

Les avantages de l'appareil d'acquisition d'une image, de l'appareil photographique numérique, de la caméra numérique et du moyen de stockage ou de support d'information sont analogues à ceux du procédé qu'ils mettent en œuvre.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après d'un mode de réalisation préféré de l'invention.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

- la figure 1 est un schéma illustrant différentes orientations possibles d'une image en fonction de la position d'un appareil d'acquisition d'image conforme à l'invention ;

- la figure 2 est un schéma bloc d'un appareil photographique numérique adapté à mettre en œuvre l'invention ;

- la figure 3 est un algorithme général du procédé de modification d'orientation géométrique conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

5 - la figure 4 est un algorithme détaillant le procédé de modification d'orientation géométrique conforme à un mode de réalisation de l'invention ; et

- les figures 5 et 6 illustrent une décomposition spectrale d'une image en sous-bandes de fréquence.

On va décrire ci-après un mode de réalisation de la présente invention, dans lequel le procédé de modification d'orientation géométrique d'une image est incorporé dans un appareil photographique numérique.

Bien entendu, ce procédé conforme à l'invention pourrait être mis en œuvre de manière similaire dans une caméra numérique adaptée à fonctionner dans un mode photo, autrement dit dans un mode de prise
15 d'images fixes ou encore dans tout autre appareil d'acquisition d'images numériques susceptible de changer de position lors de l'acquisition de ces images.

La figure 1 illustre différents cas de figure qui peuvent se présenter lorsqu'un utilisateur souhaite prendre une photographie d'un objet O
20 avec un appareil photographique 20 qui peut occuper plusieurs positions dans l'espace.

Dans le cas A, l'appareil 20 est positionné horizontalement, dans une position normale d'utilisation, identique à la position de l'objet O. Cette position correspond à une orientation dite "paysage" de l'image I obtenue par l'appareil
25 20.

Dans un deuxième cas B, l'appareil est positionné également horizontalement, mais est inversé par rapport à la position de l'objet O. Cette position correspond à une orientation dite "paysage inverse" de l'image I obtenue par l'appareil 20. L'image I est pivotée d'un angle de 180 degrés par
30 rapport à l'orientation normale de visualisation.

Dans un troisième cas C, l'appareil est positionné verticalement et est tourné d'un angle de 90 degrés vers la droite par rapport à la position de

l'objet O. Cette position correspond à une orientation dite "portrait" de l'image I obtenue par l'appareil 20. L'image est alors pivotée d'un angle de 90 degrés vers la droite par rapport à l'orientation normale de visualisation.

5 Enfin, dans un quatrième cas D, l'appareil est positionné verticalement et est tourné d'un angle de 90 degrés vers la gauche par rapport à la position de l'objet O. Cette position correspond à une orientation dite "portrait inverse" de l'image I obtenue par l'appareil 20. L'image est alors pivotée d'un angle de 270 degrés vers la droite par rapport à l'orientation normale de visualisation.

10 Dans le premier cas A, l'image I pourra être visualisée avec une orientation correcte sur un écran incorporé à l'appareil 20 ou sur un écran de télévision indépendant. Par contre, dans les trois autres cas, il est nécessaire de modifier l'orientation de l'image I pour visualiser celle-ci correctement.

15 A cet effet, l'appareil photographique 20 tel qu'illustré à la figure 2 incorpore un dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'invention.

20 Cet appareil comporte des moyens d'acquisition d'une image I suivant une orientation choisie par l'utilisateur qui dépend, comme expliqué précédemment, de la position de l'appareil 20 par rapport à l'objet à photographier. Cette orientation d'acquisition d'image est choisie ici parmi une rotation de 90 degrés, une rotation de 180 degrés ou une rotation de 270 degrés par rapport à l'orientation normale de l'appareil 20.

A cet effet, l'appareil photographique 20 comporte de manière usuelle un objectif 21 et une grille de capteurs CCD 22.

25 Ces éléments sont classiques dans un appareil photographique numérique et n'ont pas besoin d'être décrits plus en détails ici.

Il comporte en outre, directement en liaison avec l'objet de l'invention, des moyens d'identification de l'orientation choisie dans laquelle est prise la photographie.

30 Ces moyens d'identification peuvent comprendre un détecteur automatique d'orientation 27 incorporé dans l'appareil 20.

Ce détecteur d'orientation 27 permet de détecter automatiquement la position de l'appareil 20 par rapport à sa position "normale" d'utilisation.

Des exemples de détecteur d'orientation sont décrits notamment dans le document US 5 900 909. On peut utiliser par exemple un interrupteur photoélectrique dans lequel une bille bloquant la lumière peut se déplacer le long d'une rainure de guidage, en fonction de l'orientation de l'appareil. Un couple d'émetteur et récepteur de rayons lumineux est placé à chaque extrémité de cette rainure de guidage pour détecter l'orientation de l'appareil dans les deux positions verticales inverses de l'appareil correspondant aux orientations "portrait" et "portrait inverse". Un dispositif analogue pourrait permettre de distinguer les orientations "paysage" et "paysage inverse".

Alternativement, les moyens d'identification comprennent un sélecteur d'orientation manuel 28 incorporé dans l'appareil 20 qui permet à l'utilisateur de signaler lors de la prise de l'image photographique la position de l'appareil 20. Ce sélecteur 28 peut être un bouton rotatif adapté à occuper quatre positions correspondant chacune à une position de l'appareil 20 dans l'espace.

Bien entendu, un même appareil photographique 20 peut comporter à la fois un détecteur automatique d'orientation et un sélecteur manuel pour une plus grande flexibilité d'utilisation.

L'appareil 20 comporte en outre des moyens de conversion de l'image I en une image numérique I comprenant un convertisseur classique 23 adapté à transformer des signaux analogiques issus des capteurs CCD 22 en signaux numériques.

Il comporte également un processeur 24 qui permet d'effectuer tous les traitements numériques nécessaires au codage de l'image et à sa transformation géométrique conforme à l'invention.

Ce processeur comporte à cet effet des moyens de transformation spectrale de l'image numérique I, adaptés par exemple à effectuer une décomposition spectrale multi-résolution de l'image, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes.

A titre d'exemple, ces moyens de décomposition spectrale sont constitués d'un ensemble classique de filtres, respectivement associés à des décimateurs par deux, qui filtrent le signal d'image selon deux directions.

Le processeur 24 comporte en outre des moyens de quantification
5 des coefficients spectraux ainsi obtenus adaptés à quantifier les coefficients spectraux et des moyens de codage adaptés par exemple à effectuer un codage entropique, du type codage d'Huffman ou codage arithmétique.

Ce processeur 24 comporte en outre des moyens de
détermination de la transformation géométrique à appliquer à l'image acquise I
10 en fonction de l'orientation identifiée par le détecteur 27 ou le sélecteur 28.

Il comporte également pour effectuer cette transformation
géométrique de l'image, qui est ici une rotation de 90, 180 ou 270 degrés, des
moyens d'application de la transformation géométrique sur des symboles
associés à aux coefficients spectraux issus de ladite transformation spectrale,
15 tels que par exemple des symboles de quantification.

Des moyens d'inscription, dans le fichier compressé adapté à stocker
l'image codé I, de deux indicateurs lh, lv représentatifs d'un ordre normal ou
inversé des symboles respectivement dans les directions horizontale et
verticale de l'image numérique I sont également incorporés dans le processeur
20 24.

En outre, le processeur 24 incorpore également des moyens
d'interversion d'une sous-bande de fréquence comportant des coefficients de
basse fréquence selon une première direction de l'image numérique et de haute
fréquence selon une seconde direction de l'image numérique avec une sous-
25 bande de fréquence de même niveau de résolution dans la décomposition
spectrale, comportant des coefficients de haute fréquence dans ladite première
direction et de basse fréquence dans ladite seconde direction. Cette
interversion est réalisée lorsque la transformation géométrique appliquée
comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

30 Le processeur 24 incorpore également des moyens d'interversion
des valeurs de la hauteur et de la largeur de l'image lorsque la transformation
géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

Le fonctionnement de l'ensemble de ces moyens sera mieux compris ci-après dans la description du procédé de modification d'orientation géométrique qu'ils mettent en œuvre.

5 L'appareil photographique 20 comporte en outre une mémoire morte (en anglais Read Only Memory ou ROM) comportant le programme pour modifier l'orientation géométrique d'une image numérique I, et une mémoire vive (en anglais Random Access Memory ou RAM) comportant des registres adaptés à enregistrer des variables modifiées au cours de l'exécution de ce programme.

10 En particulier, il comporte un registre 31 pour stocker l'indicateur Iv relatif à la direction verticale de l'image I et un registre 32 pour stocker l'indicateur Ih relatif à la direction horizontale de l'image I.

Une mémoire non volatile 25 permet en outre de stocker sous forme compressée les images numériques I, associées éventuellement à la valeur des
15 indicateurs Ih et Iv de modification de l'ordre des coefficients dans les deux directions de l'image.

Le processeur 24 va exécuter les instructions relatives à la mise en œuvre de l'invention, instructions stockées dans la mémoire morte 29. Lors de la mise sous tension, les programmes et méthodes stockés dans une des
20 mémoires non volatiles de l'appareil 20 sont transférés dans la mémoire vive 30 qui contiendra alors le code exécutable de l'invention.

En variante, les programmes et méthodes de modification d'orientation pourront être stockés sur une disquette amovible, l'appareil 20 comportant alors un lecteur de disquette adéquat.

25 Bien entendu, les disquettes peuvent être remplacées par tout support d'information tel que CD-ROM ou Carte-mémoire.

Un bus de communication permet de manière classique la communication entre les différents éléments de l'appareil 20 ou liés à lui. En particulier, le processeur 24 est susceptible de communiquer des instructions à
30 tout sous-élément de l'appareil 20 directement ou par l'intermédiaire d'un autre sous-élément de l'appareil 20.

Une interface 26 permet de transmettre les images, compressées ou non, vers un ordinateur ou un poste de télévision (non représentés) notamment pour les visualiser.

5 Bien entendu, l'appareil photographique 20 pourrait également comporter un écran intégré de visualisation des images stockées, du type afficheur à cristaux liquides (en anglais LCD ou Liquid Crystal Display).

On va décrire à présent, en référence aux figures 3 à 6, le procédé de modification d'orientation géométrique dans un mode de réalisation de l'invention.

10 Ce procédé comporte tout d'abord une étape d'acquisition E1 d'une image I suivant une orientation choisie.

Pour cela, l'utilisateur appuie par exemple sur un déclencheur (non représenté) de l'appareil photographique 20 placé dans une position choisie, par exemple la position verticale correspondant au cas C illustré à la figure 1
15 dans laquelle les images sont prises dans un mode "portrait".

Une étape d'identification E2 de l'orientation choisie est ensuite mise en œuvre, soit grâce au détecteur automatique, soit au moyen du sélecteur manuel 28.

20 Dans tous les cas, une information indiquant que l'image I est tournée d'un angle de 90 degrés à droite est enregistrée dans l'appareil 20.

Les opérations classiques de capture de l'image analogique et de conversion de cette image en un signal numérique sont ensuite réalisées dans une étape de traitement E3. D'autres traitements de l'image, propres à l'appareil photographique 20, peuvent également être réalisés à cette même étape E3.

25 Une étape de compression E4 de l'image numérique I est ensuite mise en œuvre afin de stocker cette image compressée dans un fichier lors d'une étape de stockage E5.

Conformément à l'invention, la manipulation géométrique, qui est ici une rotation de 90 degrés vers la gauche de l'image I, est réalisée lors de
30 l'étape de compression E4.

Cette étape est détaillée, selon un mode de réalisation nullement limitatif, à la figure 4.

Elle comporte tout d'abord une étape de transformation spectrale E10 de l'image numérique I.

Dans cet exemple, la transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes.

5 Une telle décomposition spectrale en sous-bandes de fréquence de l'image numérique I est illustrée schématiquement aux figures 5 et 6, par exemple à un niveau de décomposition égal à 3.

Cette décomposition spectrale est tout à fait classique en compression d'image numérique et en rappelle ici seulement le principe.

10 L'image numérique, de dimension 2, est formée d'une suite d'échantillons numériques. Ces échantillons numériques sont par exemple des octets, chaque valeur d'octet représentant un pixel d'une image.

Le signal numérique ainsi formé est filtré à travers deux filtres numériques respectivement passe-bas et passe-haut, selon une première direction, par exemple horizontale. Après passage dans des décimateurs par deux, les signaux filtrés résultants sont à leur tour filtrés par deux filtres respectivement passe-bas et passe-haut, selon une seconde direction, par exemple verticale. Chaque signal est à nouveau passé dans un décimateur par deux. On obtient alors en sortie de ce premier bloc d'analyse, quatre sous-
15 bandes LL_1 , LH_1 , HL_1 et HH_1 de résolution la plus élevée dans la décomposition.

La sous-bande LL_1 comporte les composantes de basse fréquence selon les deux directions du signal d'image I. La sous-bande LH_1 comporte les composantes de basse fréquence selon une première direction et
25 de haute fréquence selon une seconde direction du signal image I. La sous-bande HL_1 comporte les composantes de haute fréquence selon la première direction et les composantes de basse fréquence selon la seconde direction. Enfin, la sous-bande HH_1 comporte les composantes de haute fréquence selon les deux directions.

30 Un second bloc d'analyse filtre à son tour la sous-bande LL_1 pour fournir de la même manière quatre sous-bandes LL_2 , LH_2 , HL_2 et HH_2 de niveau de résolution intermédiaire dans la décomposition. Enfin, dans cette exemple, la

sous-bande LL_2 est à son tour analysée par un troisième bloc d'analyse pour fournir quatre sous-bandes LL_3 , LH_3 , HL_3 et HH_3 de résolution la plus faible dans cette décomposition.

On obtient ainsi 10 sous-bandes et trois niveaux de résolution.

- 5 Bien entendu, le nombre de niveaux de résolution, et par conséquent de sous-bandes, peut être choisi différemment, et par exemple être égal à quatre niveaux de résolution avec 13 sous-bandes.

Le procédé conforme à l'invention comporte ici une étape de quantification E11, par exemple par une quantification scalaire usuelle, des
10 coefficients spectraux obtenus par décomposition spectrale.

Cette étape de quantification E11 des coefficients spectraux est réalisée ici avant l'application de la transformation géométrique requise.

Des étapes successives E12 à E15 permettent de déterminer la transformation géométrique à appliquer à l'image acquise I en fonction de
15 l'orientation choisie.

On vérifie tout d'abord dans une étape de test E12, si l'orientation choisie pour prendre l'image I correspond au mode "paysage".

Dans l'affirmative, la compression de l'image continue sans transformation géométrique de l'image.

- 20 Dans la négative, on vérifie dans une deuxième étape de test E13, si l'orientation choisie correspond au mode "paysage inverse".

Dans l'affirmative, on en déduit qu'une rotation de 180 degrés doit être appliquée à l'image I.

- 25 Sinon, une troisième étape de test E14 permet de déterminer si l'orientation choisie correspond au mode "portrait".

Dans l'affirmative, on en déduit qu'une rotation de 90 degrés doit être appliquée à l'image I.

- 30 Sinon, une quatrième étape de test E15 permet de vérifier, ou de déduire par élimination, que l'orientation choisie correspond au mode "portrait inverse" et d'en déduire qu'une rotation de 270 degrés (ou -90 degrés) doit être appliquée à l'image I.

Bien entendu, l'ordre des étapes de test E12 à E15 est donné ici à titre d'exemple non limitatif et peut être modifié.

On applique ensuite, si nécessaire, dans les étapes E16, E17, E18 la transformation géométrique déterminée sur des symboles associés aux coefficients spectraux.

Ici, la transformation géométrique est appliquée dans les sous-bandes de fréquence, directement sur les symboles de quantification.

On opère alors dans cet exemple, dans une étape E17, une rotation de 90 degrés sur l'ensemble de ces symboles.

Dans ce cas, la rotation de 90 degrés ayant pour effet d'inverser les directions verticale et horizontale, une étape d'interversion E19 des sous-bandes de fréquence comportant des coefficients de basse fréquence selon une première direction de l'image numérique et de haute fréquence selon une seconde direction de l'image numérique avec des sous-bandes de fréquence de même niveau de résolution dans la décomposition spectrale, comportant des coefficients de haute fréquence dans cette première direction et de basse fréquence dans la seconde direction est mise en œuvre.

En pratique, ici, on intervertit dans la décomposition telle qu'illustrée à la figure 6, les sous-bandes HL_1 et LH_1 , HL_2 et LH_2 , et HL_3 et LH_3 .

Bien entendu, cette interversion des sous-bandes est également requise lorsque la transformation géométrique à appliquer est une rotation de 270 degrés.

L'étape d'interversion E19 est adaptée également à mettre à jour la largeur et la hauteur de l'image I dans le fichier compressé, la hauteur et la largeur étant interverties lorsque l'image est pivotée de 90 ou 270 degrés.

En outre, dans le cas où l'étape de quantification E11 décrite précédemment comporte un quantificateur qui dépend des directions horizontale et verticale du signal numérique représentatif de l'image I, dans au moins une sous-bande du signal numérique, on applique une transformation géométrique identique à ce quantificateur. Par exemple, si le quantificateur est associé à une table de pas de quantification, la transformation géométrique est appliquée à cette table de pas de quantification.

Une étape d'inscription E20 dans le fichier compressé de deux indicateurs lh, lv représentatifs de l'ordre normal ou inversé des symboles respectivement dans les deux directions de l'image numérique I est mise en œuvre.

- 5 Cet indicateur se présente sous forme d'un bit supplémentaire ayant une première valeur, par exemple 0, représentative d'un ordre normal des symboles associés aux coefficients du signal des sous-bandes de fréquence dans une direction associée à l'indicateur. La valeur de cet indicateur est inversée, et égale à 1 par exemple, lorsque l'ordre des symboles est inversé par rapport à celui obtenu par la décomposition spectrale.

Pour l'image de dimension 2, deux indicateurs sont inscrits dans le fichier compressé F, un premier indicateur lh associé à la direction horizontale et un second indicateur lv associé à la direction verticale du signal numérique S.

- 15 Le tableau ci-dessous illustre, en fonction des différentes rotations appliquées à l'image I, les nouvelles valeurs des indicateurs lh et lv qui sont inscrites dans le fichier compressé en fonction des valeurs initiales lh et lv.

On note ci-après $\text{inv}(l)$ le bit inverse du bit l, c'est-à-dire que $\text{inv}(1) = 0$ et $\text{inv}(0) = 1$.

- 20 Les rotations sont indiquées dans le sens des aiguilles d'une montre.

Transformation	lh inscrit	lv inscrit
Identité	lh	lv
Rotation de 90 degrés	$\text{inv}(lv)$	lh
Rotation de 180 degrés	$\text{inv}(lh)$	$\text{inv}(lv)$
Rotation de 270 degrés	lv	$\text{inv}(lh)$

- 25 Il est pratique de considérer que la valeur 0 est représentative d'un ordre normal des symboles et d'inscrire ainsi les valeurs suivantes pour les indicateurs lh et lv dans le fichier compressé avec l'image I :

Transformation	lh inscrit	lv inscrit
Identité	0	0
Rotation de 90 degrés	1	0
Rotation de 180 degrés	1	1
Rotation de 270 degrés	0	1

Une étape de codage E21, par exemple un codage entropique, est ensuite mise en œuvre, puis le fichier compressé, contenant l'image éventuellement modifiée géométriquement et les indicateurs associés, est
5 formé dans une étape de formation E22.

Ce fichier compressé est ainsi stocké dans une mémoire non volatile 25 de l'appareil photographique 20 en vue d'une visualisation ultérieure des images mémorisées.

Grâce à la présente invention, l'ensemble des images I prises par
10 l'appareil 20 sont mémorisées dans différentes orientations qui correspondent à une orientation confortable de visualisation.

Lors de la visualisation de ces images, au moment du décodage, le signal numérique à décoder aura été transformé géométriquement par rapport au signal numérique initial S.

15 On pourra se reporter avantageusement à la demande de brevet FR 98 10734 au nom de la Demanderesse citée en référence dans la présente description pour ce qui concerne le décodage d'une telle image ayant été modifiée géométriquement lors du codage.

Le procédé de décodage comporte d'abord de manière classique
20 une étape de décodage entropique, inverse de l'étape de codage entropique E21 du procédé de codage décrit précédemment, et une étape de déquantification, inverse de l'étape de quantification E11 du procédé de codage.

On envisage ensuite une première direction de l'image, par
25 exemple la direction horizontale.

Une étape de lecture permet de lire l'indicateur l_h représentatif d'un état normal ou inversé des coefficients des sous-bandes de fréquence dans la direction horizontale du signal numérique.

- On teste si l'ordre des coefficients est inversé, par exemple en
- 5 vérifiant si la valeur de l_h est égale à 1.

Dans l'affirmative, on symétrise les filtres de synthèse utilisés pour opérer une transformation spectrale inverse sur l'image codée I . En outre, un décalage d'un indice des filtres de synthèse peut être nécessaire lorsque le signal numérique à reconstruire est pair.

- 10 La symétrisation et le décalage des filtres de synthèse correspondent à une transformation des filtres de recombinaison spectrale originaux dans la direction horizontale en fonction de la parité du signal numérique et de la valeur de l'indicateur l_h .

- Pour chaque filtre de synthèse, que l'ordre des coefficients soit
- 15 inversé ou non, on calcule ensuite la parité du filtre de recombinaison spectrale et on applique un traitement classique d'extension symétrique aux extrémités du signal numérique qui est fonction de la parité du filtre de recombinaison spectrale, de la parité du signal et de la valeur de l'indicateur l_h .

- L'ensemble de ces étapes est ensuite réitéré pour l'autre direction,
- 20 la direction verticale, de l'image à décoder à partir de la valeur de l'indicateur l_v .

Le procédé de décodage comporte ensuite une étape de recombinaison spectrale du signal numérique qui permet d'obtenir en sortie une image correctement orientée sur l'écran de visualisation.

- 25 La présente invention permet ainsi de transformer une image numérique géométriquement lors de son codage, minimisant la complexité des calculs et la place mémoire nécessaire à cette transformation géométrique.

- Elle est particulièrement bien adaptée à être mise en œuvre dans un appareil photographique numérique comportant un mode "diaporama" dans
- 30 lequel toutes les images seraient affichées les unes après les autres sur un écran, toutes dans le même sens, alors que l'utilisateur prend au moins deux

types de photographies, les unes avec l'appareil horizontal, les autres avec l'appareil vertical.

En déroulant le diaporama, certaines images seraient affichées de travers. Le procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'invention permet d'effectuer une rotation sur les images lors de leur codage et de les stocker ainsi dans des orientations différentes dans une mémoire de l'appareil 20.

Bien entendu, de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'exemple de réalisation décrit ci-dessus sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi, la transformation spectrale utilisée pourrait également être une transformée en cosinus discrète DCT (en anglais Discrete Cosine Transform). Une technique permettant de modifier l'orientation de l'image après transformation spectrale de celle-ci est décrite en détail par exemple dans l'article "A new family of algorithms for manipulating compressed images" (en français une nouvelle famille d'algorithmes pour la manipulation d'images compressées), de Brian C. Smith, Lawrence A. Rowe, IEEE Transactions on Computer Graphics and Applications, Septembre, 1993, et dans le brevet américain US 5751865 (Felice A. Micco, Martin E. Banton).

En outre, l'étape de codage entropique E21 pourrait éventuellement être, au moins partiellement, mise en œuvre avant la transformation géométrique de l'image, les symboles transformés par la suite étant alors des codes entropiques associés respectivement aux coefficients du signal de sous-bande obtenus par décomposition spectrale. La modification de l'orientation géométrique de l'image peut être opérée sur ces codes entropiques lorsque le codage entropique utilisé lors du codage est par exemple un codage de Huffman.

A l'inverse, si les techniques de quantification utilisées lors du codage du signal n'associent pas à chaque coefficient de sous-bande un symbole de quantification, les symboles sur lesquels est appliquée la transformation géométrique sont alors directement les coefficients du signal de sous-bande obtenus par décomposition spectrale de l'image I. Tel est le cas

notamment lorsque le codage utilise une technique de quantification vectorielle du signal numérique décomposé en sous-bandes de fréquence.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de modification d'orientation géométrique d'une image numérique (I) dans un appareil d'acquisition d'images (20) adapté à acquérir
 5 une image (I) suivant une parmi plusieurs orientations différentes et à stocker ladite image sous forme de fichier compressé, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- acquisition (E1) d'une image (I) suivant une orientation choisie ;
- identification (E2) de ladite orientation choisie ;
- 10 - conversion (E3) de ladite image en une image numérique ;
- transformation spectrale (E10) de ladite image numérique ;
- détermination (E12-E15) d'une transformation géométrique à appliquer à ladite image acquise en fonction de l'orientation choisie ;
- application (E16-E18) de la transformation géométrique déterminée
 15 sur des symboles associés à des coefficients spectraux issus de ladite transformation spectrale ;
- inscription (E20) dans le fichier compressé de deux indicateurs (Ih, Iv) représentatifs d'un ordre normal ou inversé des symboles respectivement dans deux directions de l'image numérique (I) ; et
- 20 - codage (E21) de l'image numérique dans ledit fichier compressé.

2. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de quantification (E11) des coefficients spectraux avant l'étape d'application (E16-E18) de la transformation géométrique, lesdits symboles étant des symboles de
 25 quantifications.

3. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes.

30 4. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape d'identification (E12-E15) de l'orientation choisie est mise en œuvre par un détecteur

automatique d'orientation (27) incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images (20).

5 5. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape d'identification (E12-E15) de l'orientation choisie est mise en œuvre par un sélecteur d'orientation manuel (28) incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images (20).

10 6. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'orientation d'acquisition d'image est choisie parmi une rotation de 90 degrés, une rotation de 180 degrés ou une rotation de 270 degrés.

15 7. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes, et en ce qu'il comprend en outre une étape d'interversion (E19) d'une sous-bande de fréquence (HL_1 , HL_2 , HL_3) comportant des coefficients de basse fréquence selon une première direction de l'image numérique et de haute fréquence selon une seconde direction de l'image numérique avec une sous-bande de fréquence (LH_1 , LH_2 , LH_3) de même niveau de résolution dans la décomposition spectrale, comportant des coefficients de haute fréquence dans ladite première direction et de basse fréquence dans ladite seconde direction lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

20 8. Procédé de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'interversion (E19) des valeurs de la hauteur et de la largeur de l'image lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

30 9. Dispositif de modification d'orientation géométrique d'une image numérique (I) incorporé dans un appareil d'acquisition d'images (20) adapté à acquérir une image suivant une parmi plusieurs orientations différentes et à

stocker ladite image sous forme de fichier compressé, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens d'acquisition (21, 22) d'une image (I) suivant une orientation choisie ;
- 5 - des moyens d'identification (27, 28) de ladite orientation choisie ;
- des moyens de conversion (23) de ladite image en une image numérique ;
- des moyens de transformation spectrale (24, 29, 30) de ladite image numérique ;
- 10 - des moyens de détermination (24, 29, 30) d'une transformation géométrique à appliquer à ladite image acquise (I) en fonction de l'orientation choisie ;
- des moyens d'application (24, 29, 30) de la transformation géométrique déterminée sur des symboles associés à des coefficients spectraux issus de ladite transformation spectrale ;
- 15 - des moyens d'inscription (24, 29, 30) dans le fichier compressé de deux indicateurs (Ih, Iv) représentatifs d'un ordre normal ou inversé des symboles respectivement dans deux directions de l'image numérique (I) ; et
- des moyens de codage (24, 29, 30) de l'image numérique (I) dans
- 20 ledit fichier compressé.

10. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de quantification (24, 29, 30) des coefficients spectraux adaptés à quantifier lesdits coefficients spectraux avant l'application de la transformation géométrique, lesdits symboles

25 étant des symboles de quantifications.

11. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que ladite transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes.

30 12. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens

d'identification de l'orientation choisie comprennent un détecteur automatique d'orientation (27) incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images (20).

13. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que les moyens
5 d'identification de l'orientation choisie comprennent un sélecteur d'orientation manuel (28) incorporé dans ledit appareil d'acquisition d'images (20).

14. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que l'orientation d'acquisition d'image est choisie parmi une rotation de 90 degrés, une rotation de 180
10 degrés ou une rotation de 270 degrés.

15. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que ladite transformation spectrale est une décomposition spectrale multi-résolution, telle qu'une décomposition spectrale en ondelettes, et en ce qu'il comprend en outre des
15 moyens d'interversion (24, 29, 30) d'une sous-bande de fréquence (HL_1 , HL_2 , HL_3) comportant des coefficients de basse fréquence selon une première direction de l'image numérique et de haute fréquence selon une seconde direction de l'image numérique avec une sous-bande de fréquence (LH_1 , LH_2 , LH_3) de même niveau de résolution dans la décomposition spectrale,
20 comportant des coefficients de haute fréquence dans ladite première direction et de basse fréquence dans ladite seconde direction lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

16. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 15, caractérisé en ce qu'il en outre des moyens
25 d'interversion (24, 29, 30) des valeurs de la hauteur et de la largeur de l'image lorsque la transformation géométrique appliquée comprend une rotation de 90 degrés ou 270 degrés.

17. Dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 16, caractérisé en ce que les moyens de
30 transformation spectrale de ladite image numérique, les moyens de détermination d'une transformation géométrique, les moyens d'application de la transformation géométrique, les moyens d'inscription dans le fichier compressé

des indicateurs (Ih, Iv), les moyens de codage, et éventuellement des moyens de quantification et des moyens d'interversion, sont incorporés dans :

- un microprocesseur (24),
 - une mémoire morte (29) comportant un programme pour modifier
- 5 l'orientation géométrique d'une image numérique (I), et
- une mémoire vive (30) comportant des registres adaptés à enregistrer des variables modifiées au cours de l'exécution dudit programme.
- 10 18. Appareil d'acquisition d'image, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 17.
19. Appareil photographique numérique, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 17.
- 15 20. Caméra numérique adaptée à fonctionner dans un mode image fixe, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de modification d'orientation géométrique conforme à l'une des revendications 9 à 17.

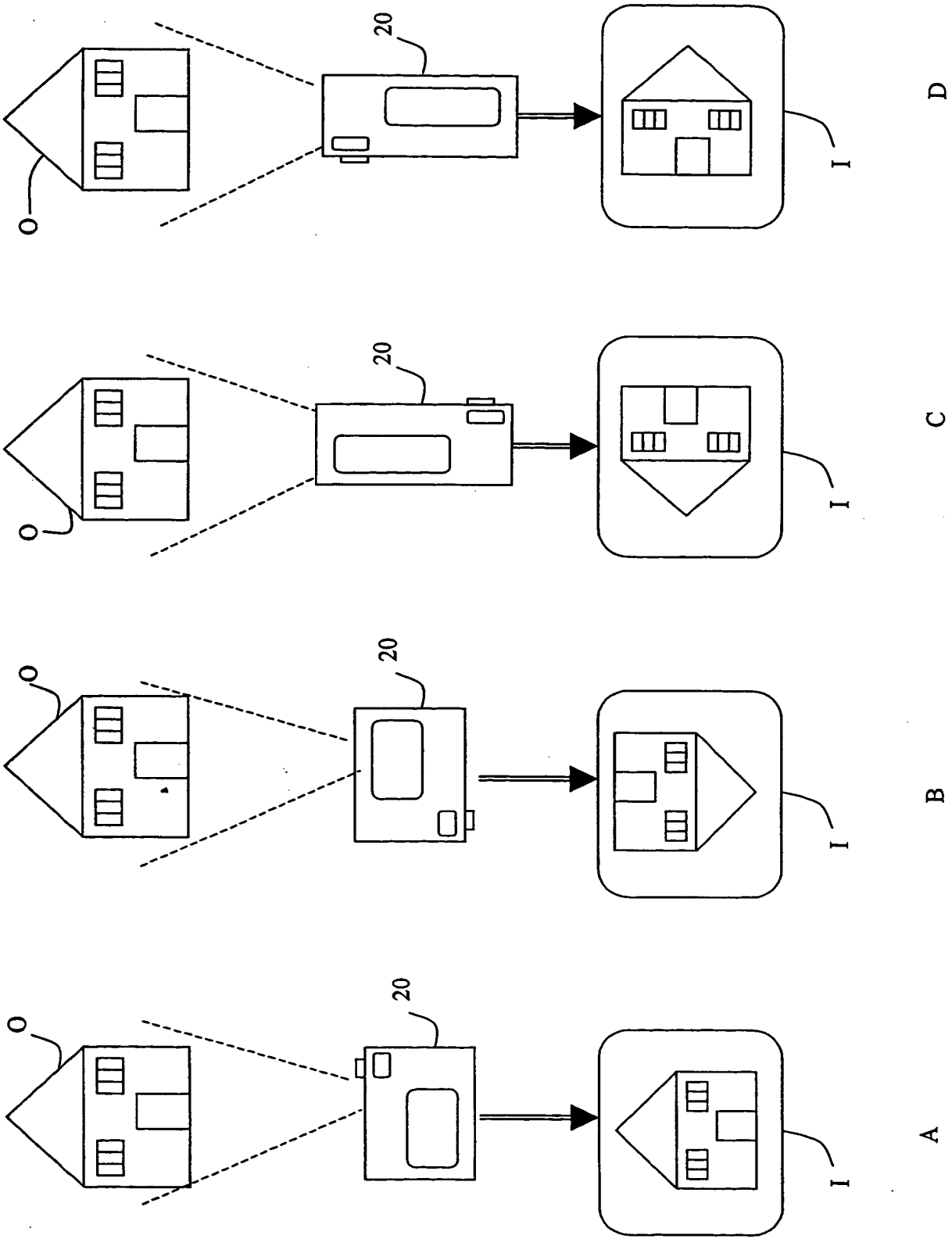


Fig. 1

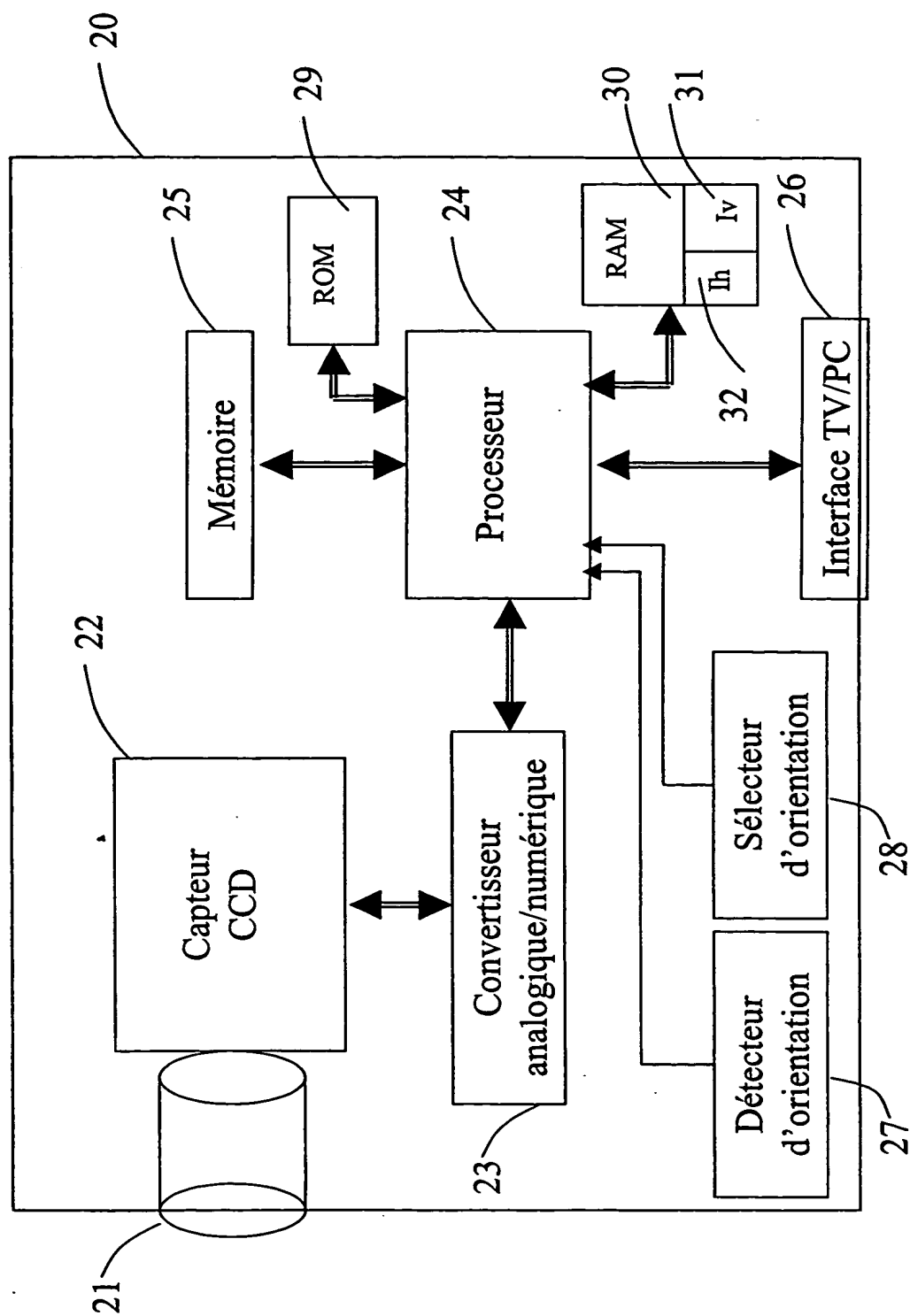


Fig. 2

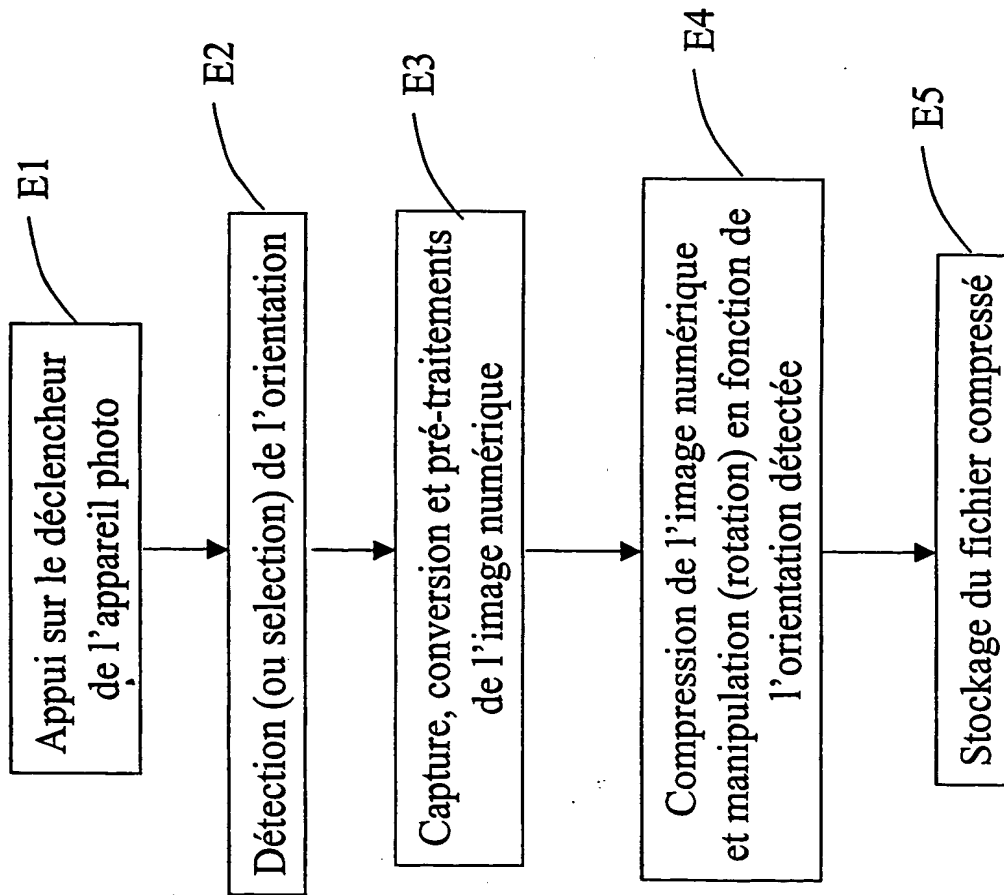


Fig. 3

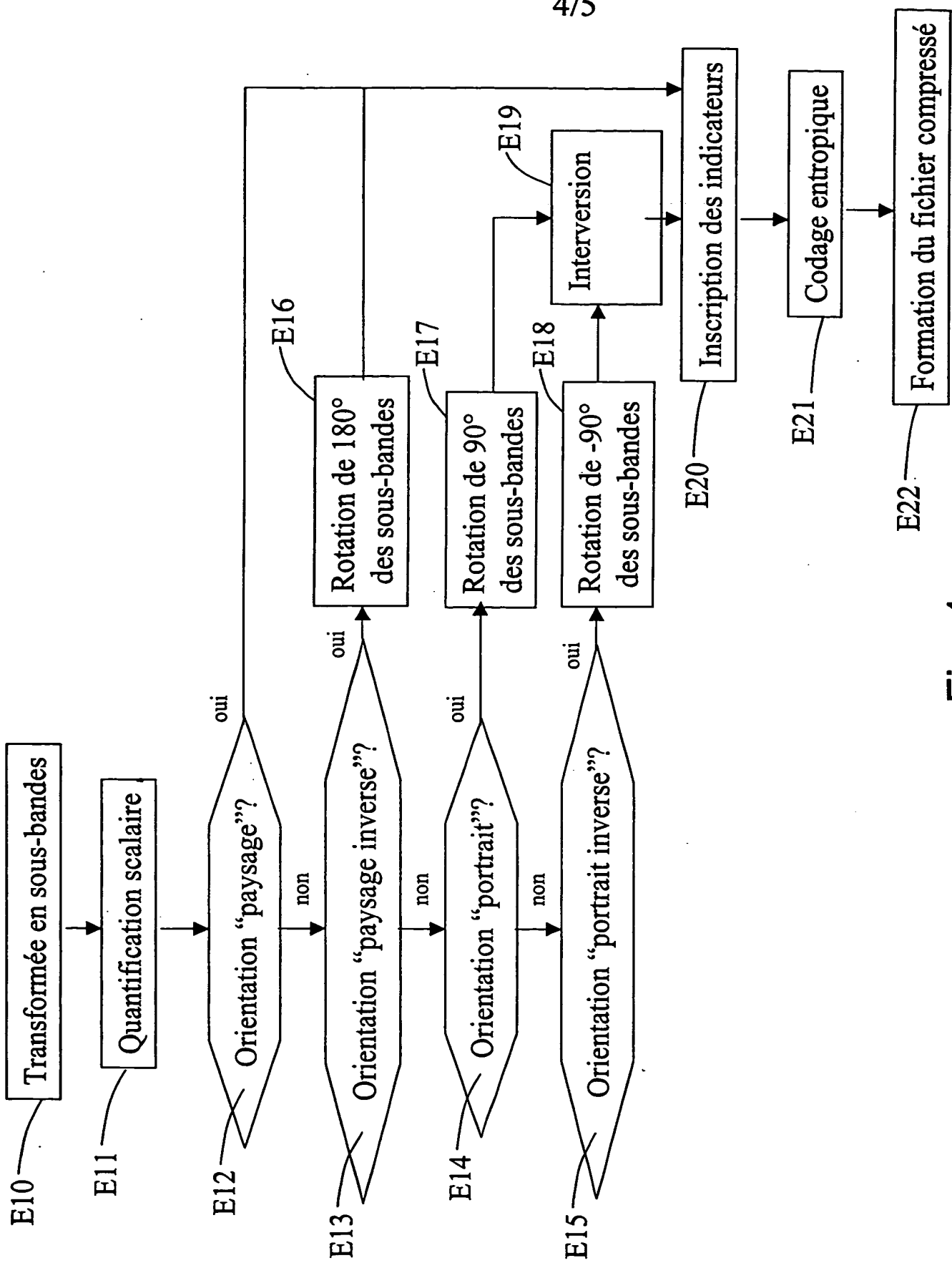


Fig. 4

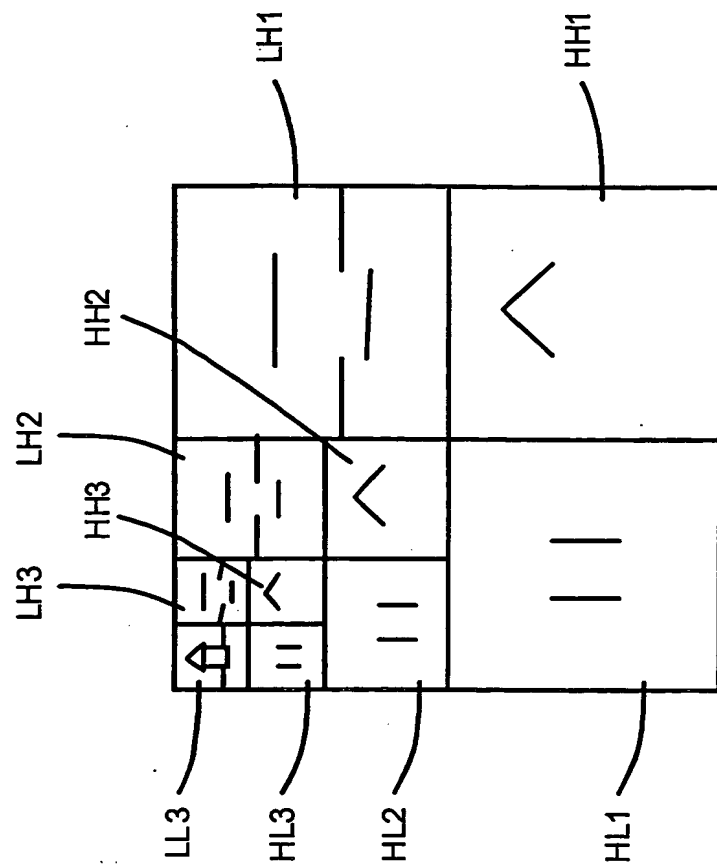


Fig. 6

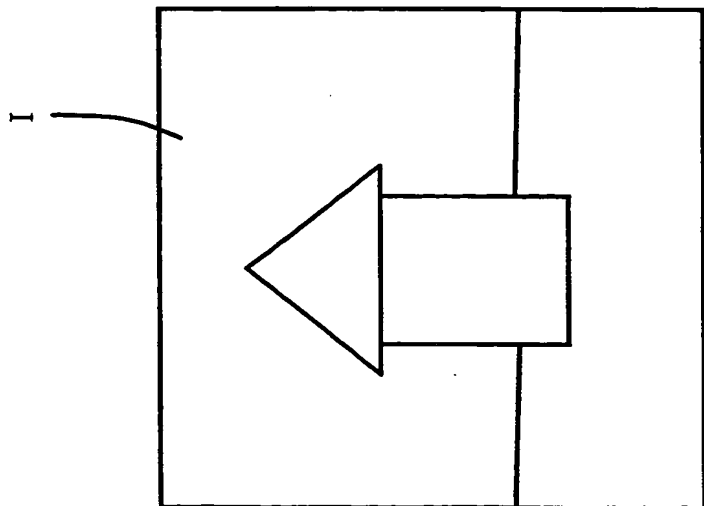


Fig. 5